

пример расчета при разбитии штабеля на 8 зон по ходу движения и равномерной начальной влажности пиломатериалов по объему. Кружочками отмечены расчетные значения, относящиеся к зонам 1 и 8 в штабеле и полученные аналитически при позонно-интервальном методе расчета. Видим, что для средней конечной влажности  $\overline{W}_k = 10\%$  перепад влажности по объему штабеля составляет примерно 4%, а при влажности 15% — примерно 6%. При реверсивной циркуляции неравномерность существенно уменьшается.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лыков А. В. Теория сушки.— М.: ГЭИ, 1950. [2]. Лыков А. В. Теория теплопроводности.— М.: Высш. школа, 1967. [3]. Руководящие технические материалы по технологии камерной сушки древесины.— Архангельск: Минлесбумпром СССР / ЦНИИМОД, 1985. [4]. Сергоровский П. С. Вопросы статистики процесса сушки и увлажнения древесины // Науч. тр. МЛТИ.— 1955.— Вып. 4. [5]. Уголев Б. Н., Лапшин Ю. Г., Кротов Е. В. Контроль напряжений при сушке древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1980. [6]. Шубин Г. С. К расчету длительности кондиционирующей обработки пиломатериалов // Науч. тр. МЛТИ.— 1982.— Вып. 140. [7]. Шубин Г. С. Физические основы и расчет процессов сушки древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1973. [8]. Шубин Г. С. Особенности и методы расчета процессов сушки и нагревания древесины с учетом многомерности и анизотропии // Актуальные направления развития сушки древесины: Всесоюз. конф.— Архангельск.— 1980. [9]. Шубин Г. С. К расчету сушки пиломатериалов в штабеле // Науч. тр. МЛТИ.— 1986.— Вып. 170.

Поступила 5 декабря 1986 г.

УДК 662.638

## ДРЕВЕСНЫЕ ОТХОДЫ — ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ТОПЛИВО

А. В. МОРОЗОВ

Московский лесотехнический институт

В новой редакции Программы КПСС и в Основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года [5] в области развития топливно-энергетического комплекса предусматривается, наряду с ростом добычи угля, природного газа и нефти, проводить активную работу по экономии топливно-энергетических ресурсов и широко использовать возобновляемые источники энергии (в т. ч. древесину и биомассу). Необходимо, чтобы к 2000 году прирост потребностей в топливе и энергии на 75—80% удовлетворялся за счет их экономии. Ранее была составлена и принята энергетическая программа СССР, в которой так же предусмотрено использовать древесное топливо.

В ряде зарубежных стран составлены свои энергетические программы с прогнозами производства и потребления топлива и энергии [3, 6]. В них предусмотрено использовать древесные отходы как энергетическое топливо.

В СССР котельное и печное древесное топливо используют для теплоснабжения на лесопромышленных и деревоперерабатывающих предприятиях, а также для коммунально-бытовых целей. Топливо из отходов древесины используют на паротурбинных электростанциях ряда предприятий деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности СССР, а также в США и скандинавских странах [3]. Продукты предварительной газификации древесины широко применяют в двигателях внутреннего сгорания (газогенераторные установки). Древесный генераторный газ можно использовать для газотурбинных установок и как бытовое топливо в квартирах. По сравнению с другими видами твердого топлива древесное имеет преимущества: малую зольность, хорошую горючесть, отсутствие в своем составе серы.

Теплота сгорания древесных отходов как топлива зависит, в основном, от их влажности. Один кубометр плотной массы древесных отходов при влажности 40 % отн. при сжигании может выделить 7,4 гДж теплоты, что эквивалентно сжиганию 186 кг топочного мазута или 330 кг хорошего каменного угля.

Для рабочей массы смеси древесных отходов разных пород теплота сгорания находится в пределах от 6 300 до 10 250 кДж/кг, а для сухих отходов некоторых деревообрабатывающих производств (мебельного, фанерного, древесноплитного) — до 18 000 кДж/кг.

Топливо из древесных отходов — это продукт, обладающий потребительской стоимостью, поэтому целесообразно включать его в план предприятия наряду с другой продукцией.

Тепловая энергия, выделяющаяся при сжигании местных древесных отходов в котельных леспромпхозов, по себестоимости примерно в два раза дешевле по сравнению с полученной из привозного топочного мазута.

*Ресурсы древесных отходов как топлива  
на предприятиях лесной промышленности*

Из общего запаса древесины, полученной из спелых и перестойных лесов многолесных районов СССР, при сплошных рубках с 1 га вывозится от 50 до 60 % древесной массы. Остальная часть бросается на лесосеке, гниет и частично сжигается.

По исследованиям ЦНИИМЭ [2], в лесах Европейской части СССР, где ведутся сплошные рубки, вся древесная масса спелого и перестойного леса в среднем составляет 200 м<sup>3</sup>/га. Примерное распределение древесной массы по видам в %:

Ликвидный запас стволовой древесины	62
Древесина в ветвях, сучьях и вершинах	8,7
Древесина в пнях и корнях	9,2
Хворост	6,3
Валежник	6,3
Кора	7,5

Итого: 100

В прошедшие годы при сплошных рубках вывозили в среднем с 1 га 100—110 м<sup>3</sup> древесины, или около 50 % от общего запаса древесной массы. При существующей технике и технологии лесозаготовок потенциальные возможности вырубемого леса не используются полностью.

Для правильного планирования реальных и экономически целесообразных к использованию ресурсов древесных отходов и низкокачественной древесины принято разделять их на следующие категории: 1) потенциальные; 2) реальные; 3) экономически доступные.

Потенциальные ресурсы включают весь объем низкосортной древесины и древесных отходов в составе отведенного в рубку лесосечного фонда вместе с неизбежными потерями древесины при заготовке и транспортировке до нижнего склада. Реальные ресурсы определяют так же как потенциальные за вычетом неизбежных потерь в процессе лесозаготовок и расхода на собственные технологические нужды. Экономически доступные ресурсы древесных отходов — это часть реальных, которые можно эффективно использовать и перерабатывать в необходимый продукт при существующей технологии. В настоящее время к экономически доступным отходам относят отходы, образующиеся на предприятиях лесной промышленности и лесного хозяйства в местах вывозки древесины при ее разделке и переработке (нижние склады леспромпхозов, заводы по переработке древесины).

По своему составу древесные отходы, образующиеся на нижних складах, включают в себя: 1) ветки, сучья, вершинки при вывозке древесины с кроной и другие отходы, образующиеся при разделке деревьев на нижнем складе; 2) кору и опилки; 3) вторичные отходы, остающиеся при переработке дровяной, низкокачественной древесины и крупнокусковых отходов и технологическую щепу; 4) древесные крупнокусковые отходы и низкокачественную древесину на нижних складах с небольшим грузооборотом (менее 100 тыс. м<sup>3</sup> в год) и на складах с вывозкой в сплаву, где производство технологической щепы не организовано из-за экономической неэффективности и из-за трудностей отгрузки потребителям; 5) дрова, которые вывозят на собственные нужды предприятия как топливо. Перечисленные древесные отходы и дрова можно использовать в качестве энергетического (котельного) топлива.

В прошедшие годы ВНИПИЭИлеспром с участием отраслевых институтов Минлесбумпрома СССР провел большую исследовательскую работу по выявлению ресурсов древесного сырья из отходов лесозаготовок и низкокачественной древесины в леспромхозах всех экономических районов страны, с составлением перспективных планов их использования до 1990 г. На базе этих материалов представилось возможным определить экономически доступные ресурсы котельного топлива из дров и древесных отходов в леспромхозах. В таблице приведены данные о ресурсах древесного топлива, в % от объема годовой лесовывозки, в зависимости от роста грузооборота нижнего склада в среднем по лесозаготовительной отрасли Минлесбумпрома СССР.

Грузооборот нижнего склада, тыс. м <sup>3</sup>	100	200	300	400	500
Ресурсы древесного топлива, %	11,2	9,8	8,9	8,4	8,2
Возможное количество топливной древесины, тыс. м <sup>3</sup> /год	11,2	19,6	26,7	33,7	41,0

На конкретных предприятиях имеются большие отклонения от вышеприведенных средних значений. Например, в Крестецком леспромхозе ЦНИИМЭ при годовой программе заготовки стволовой древесины 300 тыс. м<sup>3</sup> и вывозки ее с кроной на котельную расходует около 60 тыс. м<sup>3</sup> древесных отходов. В этом леспромхозе организована глубокая переработка древесины, в т. ч. дровяной и древесных отходов. Имеются цехи древесноволокнистых плит, лесопиления и др.

По опубликованным данным ЦСУ СССР, в прошедшей пятилетке среднегодовая вывозка древесины в стране составляла 356 млн м<sup>3</sup>, в том числе деловой древесины — 277 млн м<sup>3</sup>. Из общей массы экономически доступных древесных отходов, образующихся на нижних складах, примерно 10 % к объему лесовывозки может быть в настоящее время использовано как энергетическое топливо. Тогда ежегодный ресурс топливной древесины на лесозаготовительных предприятиях СССР составит около 35 млн м<sup>3</sup>.

Приняв среднюю влажность древесных отходов за 40 %, среднюю плотность смеси разных пород можно считать равной 740 кг/м<sup>3</sup>. Общая масса экономически доступных топливных древесных отходов лесозаготовок, ежегодно скапливающаяся на нижних складах (и в других пунктах лесовывозки), составляет около 26 млн т, что по теплоте сгорания эквивалентно 8,9 млн т условного топлива или 6,7 млн т топочного мазута. Для древесного топлива большей влажности (считая по среднему калорийному эквиваленту, принятому ЦСУ СССР и равному 266 т усл. т./м<sup>3</sup>) общий ресурс составляет 6,86 млн т усл. топлива.

Древесные отходы необходимо собрать, транспортировать на склад топлива, измельчить в более или менее одинаковые по размеру частицы, а дрова для печного отопления распилить и расколоть. Все это требует трудозатрат, оборудования и складов для хранения. Топливные древесные отходы нижнего склада леспромхоза или лесхоза в основном могут и должны быть использованы как котельное топливо для централизованного и местного теплоснабжения предприятия и жилого поселка [4]. В крупных механизированных леспромхозах с развитой переработкой древесины (лесопиление и т. д.) при предположении, что половина работающих будет жить в многоквартирных жилых домах с центральным отоплением и горячим водоснабжением, средний расход тепловой энергии можно считать равным 420 ГДж на 1000 м<sup>3</sup> вывезенной древесины. Для предприятия со сравнительно небольшой годовой лесовывозкой на нижний склад до 200 тыс. м<sup>3</sup> средний ориентировочный расход теплоты можно принять равным 240 ГДж/1000 м<sup>3</sup>. Если в котельных леспромхоза использовать древесные отходы, то удельный расход топлива составляет 45...48 кг усл. т./ГДж теплоты (190...200 кг усл. т./Гкал) при кпд котлоагрегатов 75...70 %.

Недостаток в древесном котельном топливе можно восполнить двумя путями: а) снижением удельных расходов топлива на единицу вырабатываемой теплоэнергии (повышая кпд котлоагрегатов); б) вовлечением в топливный баланс предприятия потенциальных древесных лесосечных отходов, организовав их сбор и вывозку. Часть потенциальных древесных отходов, остающихся на лесосеке (сучья вершины, пни, фаутные деревья и пр.), также можно использовать как энергетическое топливо. Но требуется значительная затрата труда, средств и оборудования, чтобы собрать эти отходы, транспортировать к пункту хранения и потребления и подготовить к использованию.

Себестоимость 1 м<sup>3</sup> этих отходов на нижнем складе не ниже себестоимости 1 м<sup>3</sup> вывезенной деловой древесины [1], а стоимость полученной тепловой энергии будет на уровне каменного угля. Требуется разработать технологию сбора лесосечных отходов, создать механизмы и транспортные средства для их перевозки, складирования и подготовки к использованию. По своей массе они превысят в среднем в два раза массу экономически доступных отходов, образующихся на нижнем складе.

#### *Ресурсы древесного топлива из отходов лесопильно-деревообрабатывающего, мебельного и древесно-плитного производств*

На лесопильно-деревообрабатывающих предприятиях СССР перерабатывается значительное количество круглого леса. По древесным отходам лесопильно-деревообрабатывающая отрасль промышленности занимает одно из первых мест.

В лесопильном производстве при выработке длинномерных обрезных досок образуются отходы, в % в среднем от объема бревен, в виде: горбылей — 6...10, реек — 10...13, торцов и обрезков — 2...4, опилки — 11...12, вырезки брака — 2...3, коры 10...12 (при доставке неокоренных бревен, хотя кору и не учитывают в объеме бревен).

При раскрое необрезных досок на нужные размеры заготовок образуются, в % от объема пиломатериала: опилки 7...10, обрезки 10...15. В строгальных цехах отходы в виде стружки составляют 10...20 % от объема обрабатываемого материала.

В целом в лесопильно-деревообрабатывающих производствах от бревен до готовых деталей в отходы уходит не менее половины древесины, т. е. около 100 млн м<sup>3</sup>. Из этого количества в качестве вторичного технологического сырья для химико-механической переработки может быть использовано до 40...50 млн м<sup>3</sup>, а остальные 50 млн м<sup>3</sup> можно

применять как энергетическое топливо. В настоящее время на технологическую щепу используют почти в 2 раза меньше отходов древесины.

Если средняя влажность таких древесных отходов равна 40 %, а средняя плотность смеси разных пород — 730 кг/м<sup>3</sup>, то теплота сгорания равна 10 650 кДж/кг, что в условном топливе составляет 12,6 млн т.

При производстве древесных плит и фанеры в значительных количествах образуется древесная пыль. Ее можно использовать как энергетическое топливо, например, в топках для получения теплоты при сушке технологической щепы в производстве древесно-стружечных плит.

Количество древесных отходов, которое можно использовать в качестве топлива на фанерных, древесно-плитных мебельных предприятиях, составит 20—30 % от объема этого сырья.

При окорке древесины на лесозаготовительных, лесопильно-деревообрабатывающих и целлюлозно-бумажных предприятиях скапливается много коры, которую в основном вывозят в отвалы. В леспромхозах некоторое количество коры сжигают в смеси с другими древесными отходами. В зависимости от породы древесины, возраста и других факторов кора составляет от 8 до 15 % к объему ствола дерева. На лесопильно-деревообрабатывающих и целлюлозно-бумажных предприятиях коры образуется в среднем около 10 % от объема поступившей древесины. При механической окорке в состав коры попадает частично и подкорковая древесина. Перед предприятиями стоит задача использовать кору в качестве котельного топлива.

Таким образом, древесные отходы являются энергетическим топливом для предприятий лесной, деревообрабатывающей промышленности и лесного хозяйства. Для повышения эффективности использования топливных древесных отходов необходимо установить на них цены с градацией по видам. Для улучшения потребительских качеств древесной коры и других мелких древесных отходов целесообразно готовить из них брикеты для использования, прежде всего, в качестве бытового топлива. Имеющиеся ресурсы неиспользуемых древесных отходов позволяют в текущем пятилетии вдвое увеличить их применение.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Вторичные материальные ресурсы лесной и деревообрабатывающей промышленности: Справочник.— М.: Экономика, 1983. [2]. Использование низкокачественной древесины и отходов лесозаготовок. ЦНИИМЭ: Справочник / Под ред. Ф. И. Коперина.— М.: Лесн. пром-сть, 1970. [3]. Михайлов В. А. Отходы древесины — топливно-энергетические ресурсы // Обзор информ. по зарубежным источникам: ВНИПИЭ-леспром.— М., 1980. [4]. Морозов А. В. Древесные отходы как котельное топливо // Электро- и теплоснабжение предприятий лесной промышленности и лесного хозяйства: Сб. лекций / ЦПНТО.— М.: Лесн. пром-сть, 1985.— С. 50—75. [5]. Основные направления экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года.— М.: Политиздат, 1986.— 95 с. [6]. Industrial Wood Energy // Forest Industries.— 1984.— Февр.— С. 55—59.

Поступила 11 августа 1986 г.

УДК 662.921

### АЭРОДИНАМИКА ЦИКЛОННОЙ КАМЕРЫ, ЗАГРУЖЕННОЙ МЕЛКОДИСПЕРСНОЙ ДРЕВЕСНО-ШЛИФОВАЛЬНОЙ ПЫЛЬЮ

Э. Н. САБУРОВ, Ю. Л. ЛЕУХИН, С. И. ОСТАШЕВ,

**А. И. ЕГОРОВ**, И. Ф. КОПЕРИН

Архангельский лесотехнический институт, ЦНИИМЭ

С развитием производства древесно-стружечных плит возникла довольно сложная задача использования отходов этого производства — древесно-шлифовальной пыли (ДШП). Энергетическое использование